

Analisa Kekuatan Kontruksi Moveable Dermaga Pelengsengan Pelabuhan Tanjung Wangi Menggunakan Metode Elemen Hingga

Ach.Choriri¹⁾, Dedy Wahyudi S.T., M.T.²⁾, Winda Amalia Herdianti S.T., M.T.³⁾

Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surabaya^{1),2),3)}

Email: ach.choriri@yahoo.co.id¹⁾

Abstrak Moveable dermaga pelengsengan adalah suatu kontruksi menyerupai jembatan/ jalan, yang digunakan untuk menghubungkan antara ramp door kapal-kapal tertentu yang tidak dapat menjangkau pelabuhan secara optimal dengan pelabuhan/dermaga tempat sandar kapal tersebut, sesuai dengan namanya Moveable dermaga pelengsengan dapat dipindah-pindahkan menyesuaikan dengan kebutuhan. Perancangan moveable dermaga pelengsengan di Tanjung Wangi yang dilakukan secara konvensional mengakibatkan tidak efisiennya biaya pembuatan dan kekuatan kontruksinya yang tidak terukur, sehingga kurang menguntungkan pihak pembuat dan pemakai (pelabuhan Tanjung Wangi). Oleh karena itu, dilakukanlah “Analisa Kekuatan Kontruksi Moveable Dermaga Pelengsengan Pelabuhan Tanjung Wangi Menggunakan Metode Elemen Hingga”, dengan menggunakan 3 rancangan model yakni: Model asli, model alternatif 1, dan model alternatif 2. Rancangan 3 model ini dilakukan secara variatif dengan mengubah-ubah kontruksi yang digunakan. Berdasarkan hasil kalkulasi dan analisa, didapatkanlah urutan berat kontruksi paling ringan dan biaya produksi paling murah yakni: alternatif 1, alternatif 2, dan model asli dengan nilai berat sebesar 9.293 kg dan Rp.204.457.660, 9.294kg dan Rp.204.477.240 yang jauh lebih efisien dibandingkan model asli dengan berat 10.336 kg dan biaya sebesar Rp.227.392.880. Berdasarkan hasil uji analisa menggunakan metode Elemen Hingga (CFD), pada ketiga model menggunakan beban Golongan III (Tronton), dengan berat sebesar 20 ton pada masing-masing dermaga pelengsengan di dapatkanlah kontruksi terkuat pada model 1, disusul dengan model 2 dan model asli dengan nilai displasmen analysis sebesar: 0,091mm, 0,103mm, dan 0,12mm.

Kata Kunci : Moveable, Dermaga, Pelengsengan, CFD, Tanjung Wangi.

1. PENDAHULUAN

Peraturan Pemerintah No.69 Tahun 2001 Pasal 1 ayat 1, tentang Kepelabuhanan, mendeskripsikan bahwasannya pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas - batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal

bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan/atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi.

Semua aktifitas, sarana, dan prasarana pelabuhan haruslah dibuat dan dirancang sebaik mungkin untuk menjamin

keselamatan bagi para seluruh pengguna pelabuhan itu sendiri. Salah satu aktifitas yang ada di dalam pelabuhan adalah loading dan unloading muatan, proses loading dan unloading muatan kapal di pelabuhan, khususnya pada kapal RORO (Roll on roll off) sangatlah dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut dan ramp door yang menghubungkan kapal itu sendiri dengan dermaga/pelabuhan[1].

Namun, pada kasus di pelabuhan Tanjung Wangi, pada kapal KM Mutiara Sentosa 2 serta KM Mutiara Sentosa 3 ini, ramp door kapal-kapal tersebut tidak dapat mencapai dermaga pada saat air laut sedang pasang, yang disebabkan oleh freeboard dari kapal-kapal tersebut cenderung tinggi dan ramp door yang cenderung pendek, oleh karena itu maka pihak pelabuhan mencoba untuk mengatasi hal tersebut dengan memberikan dermaga pelengsengan, namun pelengsengan yang baru baru saja diadakan tersebut belumlah dilakukan analisa kekuatannya terhadap beban-beban yang akan diterimanya, maka dari itu untuk melakukan penjaminan keselamatan para penggunanya (baik pemilik kapal ataupun para penumpang kapal), dilakukanlah analisa kekuatan konstruksi dermaga pelengsengan pelabuhan Tanjung Wangi dengan menggunakan metode elemen hingga dan perhitungan mekanika teknik untuk memvalidasinya sehingga nantinya akan dapat diketahui apakah dermaga pelengsengan ini aman untuk digunakan untuk mendukung aktifitas pelabuhan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 39 Tahun 2015 Bab I pasal 1.6 Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu ,yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya ditarik atau ditunda ,termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis , kendaraan di bawah permukaan air , serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah.

Sedangkan Angkutan Penyeberangan Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 39 Tahun 2015 Bab I pasal 1.3 adalah angkutan yang berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan jaringan jalan dan atau jaringan jalur kapal yang dipisahkan oleh perairan untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya[2].

2.2 Pelabuhan

Peraturan Pemerintah No.69 Tahun 2001 Pasal 1 ayat 1[1], tentang Kepelabuhanan, mendeskripsikan bahwasannya pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas - batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan/atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi.

2.3 Moveable Dermaga Pelabuhan

Moveable dermaga pelengsengan adalah suatu konstruksi menyerupai jembatan/ jalan yang digunakan untuk menghubungkan

antara ramp door kapal-kapal tertentu dengan pelabuhan/dermaga, sesuai dengan namanya Moveable dermaga pelengsengan dapat dipindah-pindahkan menyesuaikan dengan kebutuhan (biasanya hanya digunakan ketika air laut pasang oleh kapal-kapal yang memiliki freeboard yang tinggi, sehingga ramp door kapal tersebut tidak dapat mencapai tanah/landasan dermaga dengan optimal.



Gambar 1. Moveable Dermaga Pelengsengan

2.4 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga (MEH) merupakan salah satu metode yang dapat menggambarkan karakteristik kekuatan suatu struktur. Proses inti MEH adalah membagi sistem yang kompleks menjadi bagian (elemen) kecil sehingga solusi sistem yang kompleks dapat diperoleh dari penggabungan solusi-solusi tiap elemen [3]. MEH dapat diterapkan melalui dua cara, yaitu: metode tradisional ataupun komputasi. Kekurangan dari metode tradisional adalah dibutuhkan waktu yang lama dalam menganalisis sistem rangka. Pada analisis itu juga, kita tidak dapat melakukan analisis secara aktual mengenai perubahan struktur yang diterapkan pada rangka. Oleh karena itu, digunakan metode komputasi dengan bantuan program CAE (Computer Aided Engineering) karena lebih

efisien dalam hal analisis pembebanan rangka secara aktual [4].

2.5 Mekanika Teknik

Dalam perencanaan struktur, sebelum analisisnya selalu meninjau beban-beban yang bekerja pada struktur. Di Indonesia informasi mengenai pembebanan untuk setiap jenis struktur dituangkan dalam peraturan-peraturan, antara lain [5] :

1. Peraturan Muatan Jembatan Jalan Raya No. 12/1970.
2. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1988.
3. Peraturan Skema Beban Gandar Jembatan Jalan Rel Indonesia 1988 (Usulan).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Literatur dan Studi Lapangan

Studi literatur dilakukan dengan melakukan pengkajian dan tinjauan pustaka yang telah dikemukakan dalam berbagai paper, Tugas Akhir, Jurnal, Buku, dan Peraturan-peraturan yang berhubungan dengan penelitian ini.

Studi Lapangan dilakukan dengan pengambilan data berupa: ukuran, biaya, dan gambar dari Moveable dermaga pelengsengan serta peninjauan langsung di lokasi Pelabuhan Tanjung Wangi,

3.2 Pengumpulan Data

Setelah mengidentifikasi masalah-masalah yang timbul, kemudian dilakukan pengumpulan data. Data yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Data tentang ukuran dari moveable dermaga plengsengan.
2. Beban maksimum yang rata-rata yang diterima.
3. Jumlah kendaraan yang melalui moveable dermaga plengsengan setiap loading dan unloading.

3.3 Pembuatan Model Asli dan Alternatif

Setelah semua data terkumpul, maka selanjutnya dilakukanlah pembuatan model 3 dimensi pada model asli, alternatif 1 dan alternatif 2 moveable dermaga pelengsengan menggunakan metode Computer Aided Design (CAD)

3.4 Analisa Model Asli dan Alternatif

Setelah pembuatan model dilakukan, kemudian dilakukanlah analisa model menggunakan metode elemen hingga. Analisa model dilakukan dengan cara pembebanan, pembebanan yang dilakukan dibagi menjadi 3 golongan, yakni: Golongan I (Pick Up), Golongan II (Truck Engkel), Golongan III (Tronton).

3.5 Analisa Teknis dan Ekonomis

Analisa teknis dilakukan berdasarkan hasil analisa model yang telah dilakukan, dimana terdapat 3 hasil analisa: Stress analysis, Displasmen analisis, dan Strain Analysis. Nantinya akan dilihat perbandingan dari jenis 3 analisa teknis terhadap model yang sudah dibuat, begitu juga halnya dengan analisa ekonomis, dimana 3 model yang sudah dirancang dilakukan perbandingan biaya satu dengan lainnya.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dan saran ini dilakukan berdasarkan perhitungan dan permodelan yang telah dianalisa dengan tujuan untuk meringkas dan menuliskan hasil akhirnya serta memberikan masukan-masukan yang ditujukan kepada pihak pelabuhan ataupun pihak-pihak terkait lainnya.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Permodelan Model Asli dan Alternatif

Permodelan dilakukan dengan metode CAD menggunakan software Solidworks, setelah permodelan selesai akan dilanjutkan dengan analisa menggunakan metode elemen hingga terhadap 3 model yang telah dibuat: model asli, model alternatif 1, dan model alternatif 2.

4.2 Perhitungan Tekanan Beban

Tekanan beban dilakukan menggunakan rumus seperti berikut ini:

$$F : m \times g$$

Dimana:

$$F : \text{Gaya/tekanan beban total (N)}$$

$$m : \text{Massa (kg)}$$

$$g : \text{Gravitasi (m/d}^2\text{)}$$

Besarannya tekanan beban dihitung berdasarkan pada 3 variasi pembebanan, yakni:

1. Kondisi dengan beban PICK UP

$$\begin{aligned} F &= m \times g \\ &= 2540 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/d}^2 \\ &= 24.892 \text{ N} \end{aligned}$$

2. Kondisi dengan beban TRUK

$$\begin{aligned} F &= m \times g \\ &= 12.000 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/d}^2 \end{aligned}$$

= 117.600 N

3. Kondisi dengan beban TRONTON

$F = m \times g$

= 40.000 kg x 9,8 m/d2

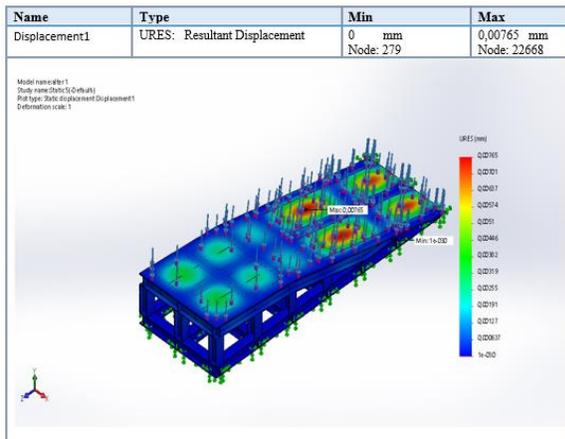
= 392.000 N

4.3 Analisa Pembebanan Pickup

Analisa pemabanan dilakukan menggunakan Metode Elemen Hingga pada 3 model yang telah di buat menggunakan 3 kondisi pembebanan, adapun hasilnya sebagai berikut:

a. Analisa kondisi pembebanan model asli

Displacement analysis atau deformasi suatu struktur kontruksi setelah diberi beban.Setelah dilakukan pembebanan rata sebesar 24.892 N/2 = 12.446 N.Didapatkan displasment analysis min 0 mm dan maximal 0,00765 mm. Dari gambar berikut ada sedikit deformasi disekitar tanjakan roda depan mobil saat akan naik dikarenakan tumpuan pertama roda depan mobil.

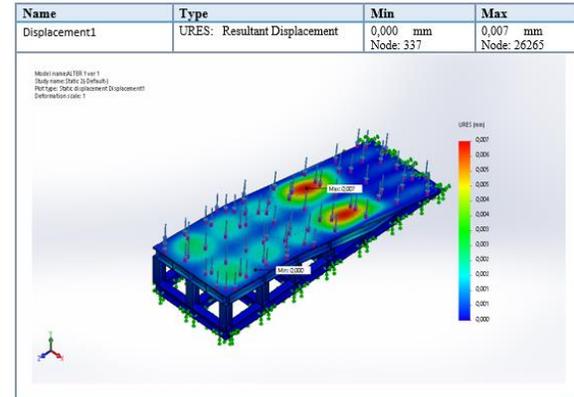


Gambar 2. Pembebanan Pickup Pada Model Asli

b. Analisa kondisi pembebanan alternatif 1

Displacement analysis atau deformasi suatu struktur kontruksi setelah diberi beban.Setelah dilakukan pembebanan rata sebesar 24.892 N/2 = 12.446 N.Didapatkan

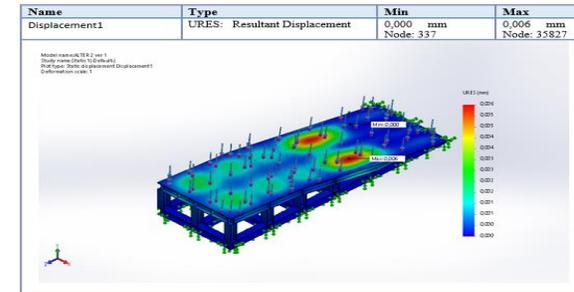
displasment analysis min 0 mm dan maximal 0,007 mm. Dari gambar beeriku ada sedikit deformasi disekitar tanjakan roda depan mobil saat akan naik dikarenakan tumpuan pertama roda depan mobil.



Gambar 3. Pembebanan Pickup Model Alternatif 1

c. Analisa kondisi pembebanan alternatif 2

Displacement analysis atau deformasi suatu struktur kontruksi setelah diberi beban.Setelah dilakukan pembebanan rata sebesar 24.892 N/2 = 12.446 N.Didapatkan displasment analysis min 0 mm dan maximal 0,006 mm. Dari gambar berikut ada sedikit deformasi disekitar tanjakan roda depan mobil saat akan naik dikarenakan tumpuan pertama roda depan mobil.

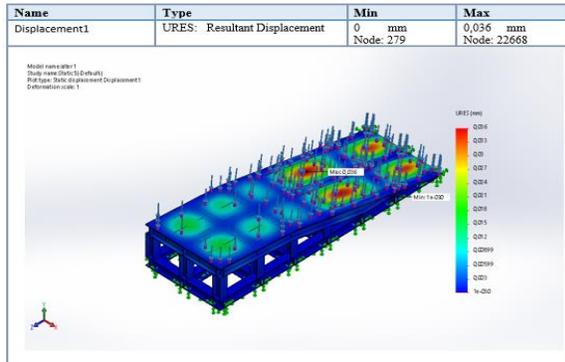


Gambar 4. Pembebanan Pickup Model Alternatif 2

4.4Analisa kondisi pembebanan Truck

a. Analisa kondisi pembebanan model asli

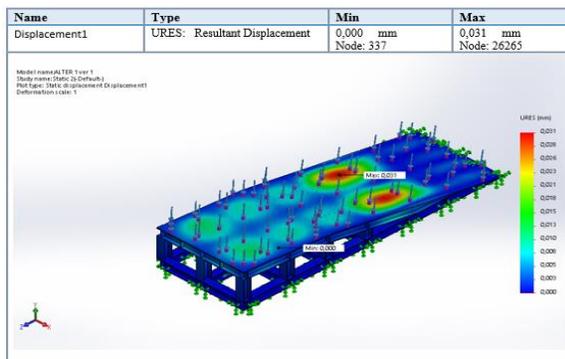
Setelah dilakukan pembebanan rata sebesar $117.600 \text{ N}/2 = 58.800 \text{ N}$, didapatkan displasment analysis min 0 mm dan maximal 0,036 mm. Pada gambar berikut deformasi warna merah pada area tumpuan roda depan kendaraan. Ada 4 bagian dikarenakan ada kejutan beban saat kendaraan awal tanjakan.



Gambar 5. Pembebanan Truck Pada Model Asli

b. Analisa kondisi pembebanan alternatif 1

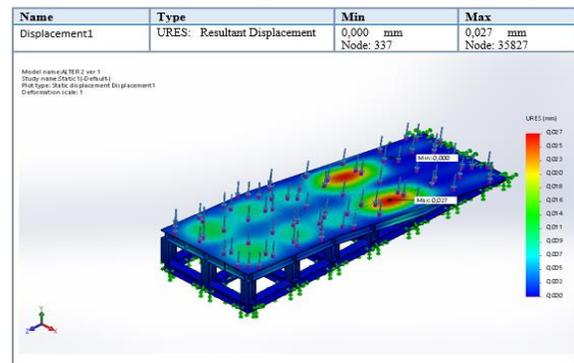
Setelah dilakukan pembebanan rata sebesar $117.600 \text{ N}/2 = 58.800 \text{ N}$. Didapatkan displasment analysis min 0 mm dan maximal 0,031 mm. Pada gambar berikut deformasi warna merah pada area tumpuan roda depan kendaraan,dikarenakan ada kejutan beban saat kendaraan awal tanjakan.Namun demikian masih sangat kecil angkanya.



Gambar 6. Pembebanan Truck Pada Model Alternatif 1

c. Analisa kondisi pembebanan alternatif 2

Setelah dilakukan pembebanan rata sebesar $117.600 \text{ N}/2 = 58.800 \text{ N}$. Didapatkan displasment analysis min 0 mm dan maximal 0,027 mm. Pada gambar berikut deformasi warna merah pada area tumpuan roda depan kendaraan,dikarenakan ada kejutan beban saat kendaraan awal tanjakan.Namun demikian masih sangat kecil angkanya

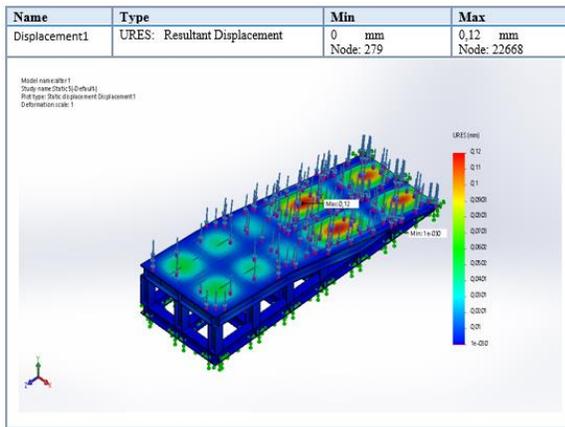


Gambar 7. Pembebanan Truck Pada Model Alternatif 2

4.5 Analisa kondisi pembebanan Tronton

a. Analisa kondisi pembebanan model asli

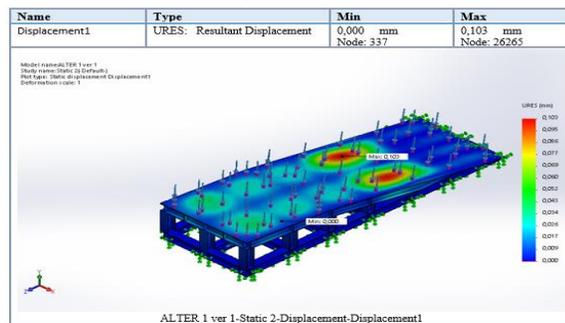
Setelah dilakukan pembebanan rata sebesar $392.000 \text{ N}/2 = 196.000 \text{ N}$. Didapatkan displasment analysis min 0 mm dan maximal 0,12 mm. Pada gambar berikutdeformasi masih terjadi pada 4 titik area roda depan kendaraan saat awal tanjakan.



Gambar 8. Pembebanan Tronton Pada Model Asli

b. Analisa kondisi pembebanan alternatif 1

Setelah dilakukan pembebanan rata sebesar $392.000 \text{ N}/2 = 196.000 \text{ N}$. Didapatkan displasment analysis min 0 mm dan maximal 0,103 mm. Pada gambar berikut deformasi warna merah pada area tumpuan roda depan kendaraan. Ada 4 bagian dikarenakan ada kejutan beban saat kendaraan awal tanjakan.

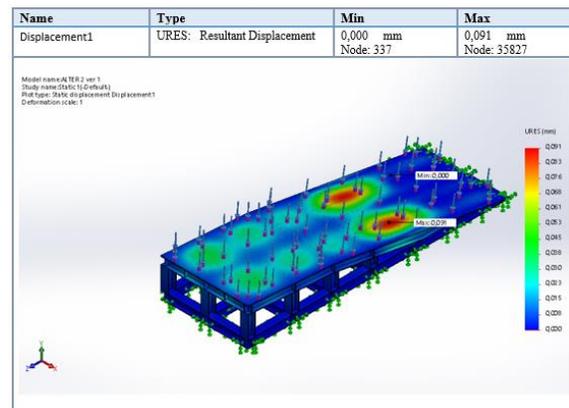


Gambar 9. Pembebanan Tronton Model Alternatif 1

c. Analisa kondisi pembebanan alternatif 2

Setelah dilakukan pembebanan rata sebesar $392.000 \text{ N}/2 = 196.000 \text{ N}$. Didapatkan displasment analysis min 0 mm dan maximal 0,091 mm. Pada gambar berikut deformasi warna merah pada area tumpuan roda depan kendaraan. Ada 4 bagian

dikarenakan ada kejutan beban saat kendaraan awal tanjakan



Gambar 10. Pembebanan Tronton Model Alternatif 2

4.6 Analisa Ekonomis

1. Model asli

Rancangan model asli dibuat dengan plat deck dengan tebal 10 mm, H-Beam 200, Flat bar 12x150mm dll, berdasarkan hasil kalkulasi didapatkanlah berat total 10.336Kg, dengan biaya produksi sebagai berikut:

Biaya total : Berat x harga material & jasa
 : 10.336 kg x Rp.22.000/kg
 : Rp. 227.392.880

2. Model alternatif 1

Model 1 dilakukan variasi dengan menggunakan plat dek 12 mm, H-Beam 175, dan Flat bar 10x175 mm, dengan berat total sebesar 9.293 kg, dengan biaya sebagai berikut:

Biaya total : Berat x harga material & jasa
 : 9.293 kg x Rp.22.000/kg
 : Rp. 204.457.660

3. Model alternatif 2

Model 1 dilakukan variasi dengan menggunakan plat dek 12 mm, H-Beam 175, dan Flat bar 12x150 mm, dengan berat total sebesar 9.293 kg, dengan biaya sebagai berikut:

Biaya total : Berat x harga material & jasa
 : 9.294 kg x Rp.22.000/kg
 : Rp. 204.477.240

5. KESIMPULAN

Dari analisa kekuatan kontruksi dan perhitungan biaya produksi maka dapat disimpulkan sebagai berikut;

1. Berat yang paling ringan adalah desain alternatif 1 dimana selisih berat dengan desain awal adalah 10.336,04 kg – 9.293,53 kg = 1.042,51 kg.
2. Biaya produksi yang paling murah adalah desain alternatif 1 dengan selisih harga dengan desain awal sebesar Rp 227.392.880,- - Rp 204.457.660 = Rp 22.935.220,-
3. Desain awal dan alternatif 1 serta 2 semua faktor safetynya sudah memenuhi syarat dari Biro Klasifikasi Indonesia dan aman untuk digunakan di pelabuhan Tanjung Wangi Banyuwangi
4. Masih ada sedikit deformasi pada area ujung dermaga sekitar 1 m dari depan sudut dermaga dikarenakan area tersebut tempat roda depan kendaraan saat mulai melintasi tanjakan pertama. Hal tersebut telah diminimalisir dengan cara memberi tambahan penguat flat bar tepat dibawah deck kendaran tersebut. Hasil dari penambahan flat bar tersebut sangat membantu mengurangi tegangan , deformasi dan regangan pada area tersebut. Juga untuk menghindari terjadinya fatich pada area tersebut karena menerima beban secara terus menerus.

- [1] “pp_no_69_tahun_2001.pdf.”
- [2] “PM_39_Tahun_2015.pdf.”
- [3] H. Isworo, S. Pd, and P. R. Ansyah, “METODE ELEMEN HINGGA HMKB654,” p. 68.
- [4] H. Abbas, D. Juma, and M. R. Jahuddin, “PENERAPAN METODE ELEMEN HINGGA UNTUK DESAIN DAN ANALISIS PEMBEBANAN RANGKA CHASSIS MOBIL MODEL TUBULAR SPACE FRAME,” *ILTEK J. Teknol.*, vol. 15, no. 2, pp. 96–102, Dec. 2020, doi: 10.47398/iltek.v15i2.527.
- [5] F. Ma’arif and M. Eng, “MEKANIKA TEKNIK 01,” p. 114.

DAFTAR PUSTAKA